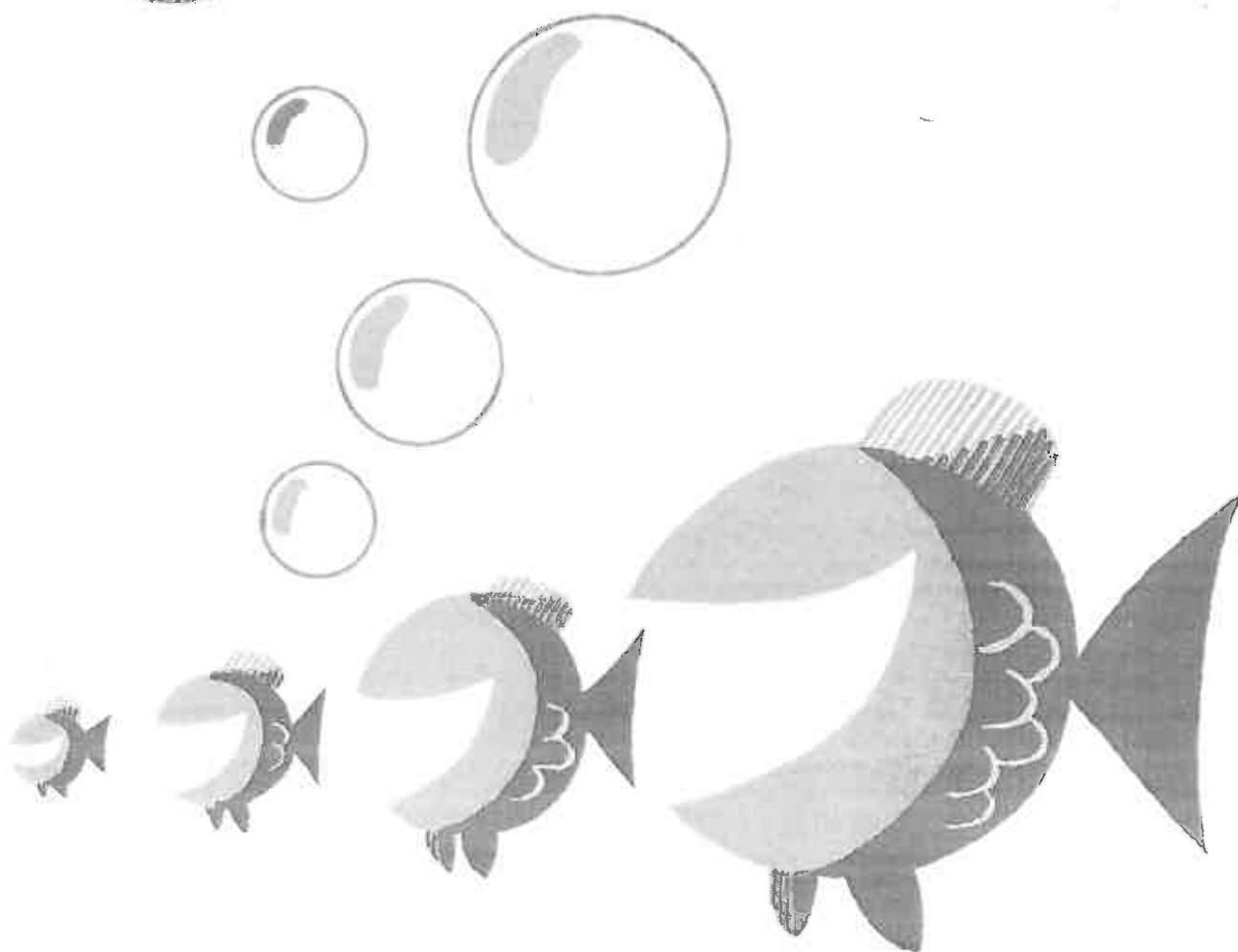


RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO



MONISTETTUJA JULKAISUJA

23
1984





RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO

MONISTETTUA JULKAISUA

Toimittaja: Viljo Nylund. Toimitussihteerit: Marja-Liisa Koljonen, Petri Suuronen.

Julkaisun jakelusta päätetään kunkin numeron osalta erikseen.

Julkaisua koskevat tiedustelut osoitetaan Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston kirjastolle, PL 193, 00131 Helsinki 13.

Monistettuja julkaisuja on jatkoa sarjalle: "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja". Kalantutkimusosaston muut julkaisusarjat ovat "Finnish Fisheries Research", "Suomen kalatalous", "Tiedonantoja" ja "Meddelanden".

Redaktör: Viljo Nylund. Redaktionssekreterare: Marja-Liisa Koljonen, Petri Suuronen.

Publikationens distribuering fastställs skilt för varje nummer.

Förfrågningar angående tidskriften riktas till bibliotekarien, Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet, fiskeriforskningsavdelningen, PB 193, 00131 Helsingfors 13.

Tidskriften är fortsättning på "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja". Övriga publikationsserier från fiskeriforskningsavdelningen är "Finnish Fisheries Research", "Suomen kalatalous", "Tiedonantoja" och "Meddelanden".

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS, KALANTUTKIMUSOSASTO

MONISTETTUJA JULKAISUJA

No 23

1984

FYSIOLOGISTEN MENETELMIEN SOVELTAMINEN KALATALOUDELLISTEN
VAHINKOJEN JA HAITTOJEN MÄÄRITTÄMISEEN

Esitutkimuksen loppuraportti

Pekka J. Vuorinen, Marja Vuorinen, Keijo Nyholm,
Antti Soivio ja Aimo Oikari

VESISTÖIHIN JOUTUVIEN AINEIDEN HAITALLISISTA VAIKUTUKSISTA
KALOIHIIN JA VAIKUTUSTEN TUTKIMUSMENETELMISTÄ

Pekka J. Vuorinen, Marja Vuorinen ja Keijo Nyholm

ELTSÄTEOLLISUUDEN JÄTEVESISTÄ JA JÄTEVESIKOMPONENTEISTA
SEKÄ NIIDEN VAIKUTUKSISTA KALOIHIIN

Aimo Oikari, Antti Soivio, Marja Vuorinen,
Pekka J. Vuorinen ja Keijo Nyholm

RAUTARUUKKI OY:n RAUTUVAARAN KAIVOKSEN JÄTEVESIEN VAIKU-
TUKSESTA TAIHENEN ALKIONKEHITYKSEEN JA POIKASIIN

Tutkimusraportti

Pekka J. Vuorinen

HELSINKI 1984

ISBN 951-9092-43-9
ISSN 0358-4623
Helsingin yliopiston monistuspalvelu
Painatusjaos Helsinki 1984

SISÄLLYSLUETTELO

Vuorinen, P.J., Vuorinen, M., Nyholm, K., Soivio, A. ja Oikari, A.: Fysiologisten menetelmien soveltaminen kalataloudellisten vahinkojen ja haittojen määrittämiseen. Esitutkimuksen loppuraportti	1-34
Vuorinen, P.J., Vuorinen, M. ja Nyholm, K.: Vesistöihin joutuvien aineiden haitallisista vaikutuksista kaloihin ja vaikutusten tutkimusmenetelmistä.....	35-118
Oikari, A., Soivio, A., Vuorinen, M., Vuorinen, P.J. ja Nyholm, K.: Metsäteollisuuden jätevesistä ja jätevesikomponenteista sekä niiden vai- kutuksista kaloihin.....	119-192
Vuorinen, P.J.: Rautaruukki Oy:n Rautavaaran kaivoksen jätevesien vaikutuksesta taime- nen alkionkehitykseen ja poikasiin. Tutkimusraportti.....	193-206

FYSIOLOGISTEN MENETELMIEN SOVELTAMINEN KALATALOUDELLISTEN
VAHINKOJEN JA HAITTOJEN MÄÄRITTÄMISEEN

Esitutkimuksen loppuraportti

Pekka J. Vuorinen¹⁾, Marja Vuorinen¹⁾, Keijo Nyholm²⁾,
Antti Soivio³⁾ ja Aimo Oikari³⁾

- 1) Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
kalantutkimusosasto
- 2) Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Laukaan keskuskalanviljelylaitos
- 3) Helsingin yliopisto
eläintieteen laitos
fysiologian osasto

PuPro

Helsinki 1978

JOHDANTO

Maa- ja metsätalousministeriön kalastus- ja metsästysosasto pyysi kirjeellään (n:o 1879/61 MMM 1976, 1.4.1977) Helsingin yliopiston eläintieteen laitoksen fysiologian osastoa yhteistyössä Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kanssa valmistelemaan tutkimussuunnitelman fysiologisten tutkimusmenetelmien käyttämisestä kalataloudellisten vahinkojen ja haittojen määrittämiseen. Aiheesta solmittiin 20.6.1977 tutkimussopimus mainittujen osapuolten kesken. Esitutkimuksen oli määrä valmistua 30.4.1978, mutta jatkoaikaa pyydettiin ja saatiin sittemmin tarkemmin määrittämättömäksi ajaksi. Esitutkimus valmistui syksyllä 1978.

Esitutkimuksen tarkoituksena oli laatia julkaistun kirjallisuuden pohjalta ohjelman mukaiset raportit, saattaa ennen julkaisemattomia tuloksia julkaisuvalmiiseen muotoon sekä tehdä joidenkin määrittämismenetelmien tarkistuksia. Töiden pohjalta piti laatia seuraavan vaiheen tutkimusohjelma.

Esitutkimus on tehty Helsingin yliopiston ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen yhteistyönä, ja sen on toteuttanut työryhmä, johon ovat kuuluneet Helsingin yliopiston eläintieteen laitoksen fysiologian osastosta dos. Antti Soivio ja fil. lis. (väit.) Aimo Oikari sekä Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosastosta tutkijat Pekka J. Vuorinen ja Marja Vuorinen ja Laukaan keskuskalanviljelylaitoksesta tutkija Keijo Nyholm. Esitutkimuksen edistymistä sekä ohjelman toteutumista ja kustannusarvion noudattamista on valvonut johtoryhmä, johon ovat kuuluneet tarkastaja Pentti Munne (puheenjohtaja) maa- ja metsätalousministeriön kalastus- ja metsästysosastosta, apul. prof. Rolf Kristoffersson Helsingin yliopiston eläintieteen laitoksen fysiologian osastosta ja erikoistutkija Pekka Tuunainen Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosastosta. Johtoryhmän kokouksissa on kutsuttuna ollut fil. kand. Veijo Miettinen vesihallituksen vesientutkimuslaitoksesta,

Tämän loppuraportin liitteenä on luettelo esitutkimuksen aikana laadituista raporteista (liite 1), jotka on numeroitu esitutkimusohjelman mukaisesti. Raporttia n:o 1a: "Fysiologisten muutosten käytöstä kalatalousarviossa" ei ole laadittu erillisenä, koska suoranaisesti sellaista kirjallisuutta ei ole ollut riittävästi käytettävissä. Myöskään raporttia n:o 2c: "Hartsihapposeoksen vaikutuksista taimenen aineenvaihduntaan" ei ole laadittu, koska sen pohjana oleva opinnäytetyö ei ole valmistunut; sen tuloksia on kyläkin esitetty raportissa n:o 1c.

TEHTÄVÄN MÄÄRITTELY

Tehtävään - "fysiologisten menetelmien käytön soveltaminen kalataloudellisten vahinkojen ja haittojen määrittämiseen" - työryhmän mielestä ovat kuuluneet kaikki menetelmät joilla on tutkittu myrkkysten ja jätevesien lyhyt- tai pitkäaikaisia vaikutuksia kaloihin.

Tehtävään työryhmä ei ole sisällyttänyt makuhaittatutkimuksia eikä kaloihin kertyvien, tunnetusti ihmiselle vaarallisten myrkkysten pitoisuuksien tutkimista, koska näillä tutkimuksilla on jo oma merkityksensä kalataloudellisten vahinkojen määrittämisessä. Suomessa tehtyjä jäämäainetutkimuksia on kuitenkin esitelty raporteissa n:ot 1b ja 3.

Vaikka esitutkimuksen aikana piti laatia vain seuraavan vaiheen tutkimusohjelma, työryhmä on kuitenkin pitänyt tarpeellisena muokata ensisijaisesti tutkimussuunnitelman, joka esitetään projektisuunnitelmana (liite 2), ja tutkimusohjelma vuodeksi 1979 esitetään myöhemmin. Projektisuunnitelmassa kuvataan projektin tehtävät, ja yksityiskohtaisemmin ne esitetään vuodeksi kerrallaan laadittavissa tutkimusohjelmissa. Ohjelmien liitteenä esitetään myös kustannusarviot.

JÄTEVESIEN AIHEUTTAMAT KALATALOUEDELLISET VAHINGOT JA HAITAT

Jätevesien vaikutusta kalataloudellisten vahinkojen ja haittojen syntyyn on käsitellyt TUUNAINEN (1978)¹⁾. Hänen mukaansa Suomen

¹⁾ TUUNAINEN, P. 1978: Jätevesien vaikutus ja vahinkojen arviointi. - Vesi- ja kalatalousmiehet ry. Kalatalousvahinkojen arviointi, kompensointi ja korvaaminen. Lammi, 27-28.11.1978.

vesistöissä metsäteollisuuden, lähinnä kemiallisen puunjalostusteollisuuden jätevedet aiheuttavat jätevesistä laaja-alaisia muutoksia. Seuraavana ovat asumajätevedet ja näiden jälkeen erilaiset muuhun kuin edellä mainittuun teolliseen toimintaan liittyvät jätevedet. Metsäteollisuuden jätevesissä kalatalouden kannalta merkittävimpiä haittoja aiheuttavat lähinnä happea kuluttavat orgaaniset aineet, kaloihin epämiellyttäviä hajuja ja makuja aiheuttavat aineet, kertyvät myrkyt, kaloille myrkylliset aineet sekä pyydyksiä likaavat ja pohjan laatua muuttavat kuidut. Asumajätevesien merkittävimmät kalataloudelliset vaikutukset johtuvat ravinteiden aiheuttamasta rehevöitymisestä ja siihen liittyvistä muutoksista kalakannoissa ja kalojen maussa sekä pyydysten likaantumisesta. Lisäksi asumajätevedet usein sisältävät erilaisia kaloihin kertyviä myrkyllisiä aineita. Muun kuin metsäteollisuuden, etenkin kaivostöiminnan ja sen jatkoprosessien, lannoiteteollisuuden jne. jätevedet aiheuttavat muutoksia mm. veden pH:ssa, metallien pitoisuudessa, lämpötilassa jne. Muutokset ja vaikutukset ovat eri tapauksissa hyvinkin erilaisia. Erilaisia jätevesiä johdetaan usein samoille vesialueille, jolloin niiden yhteisvaikutus voi olla huomattavasti erilainen, kuin mitä ne kukin erikseen aiheuttaisivat.

Edelleen TUUNAISEN (1978) mukaan jätevesien kalataloudelliset vaikutukset ilmenevät biologisina, terveydellisinä, esteettisinä, kalastuksellisinä sekä välittöminä taloudellisina haittoina ja vahinkoina. Biologisten vaikutusten ryhmään kuuluvat mm. kalakuolemat, kalojen karkottuminen, kalojen lisääntymisen estyminen tai vaikeutuminen, joidenkin lajien kantojen väheneminen tai häviäminen ja eräiden toisten voimistuminen tai uusien lajien ilmaantuminen, kantojen ikärakenteen ja kalojen kasvun muuttuminen sekä kalantuotannon muuttuminen osaksi seurauksena edellä mainituista muutoksista osaksi kalojen ravinnontuotannon muutoksista. Terveydelliset vaikutukset johtuvat ravinnoksi käytettäviin kaloihin kertyneistä myrkyistä kuten raskasmetalleista, PCB-aineista jne. Esteettiset haitat, jotka vaikuttavat sekä kalan menekkiin markkinoilla ja kalan hintaan että ruokatalouskäyttöön, johtuvat kalojen jätevesistä saamista epämiellyttävistä hajuista ja mauista sekä kalojen lisääntyneestä tautisuudesta. Kalastukselliset haitat ilmenevät

mm. saaliin vähenemisenä ja sen yksikköarvon alenemisena, pyydysten likaantumisen aiheuttamana lisätyönä ja pyydysten käyttöö-
iän alenemisena, pyydysten likaantumisen aiheuttamana kalasta-
vuuden vähenemisenä sekä kalastusmatkojen pitenemisenä suunnat-
taessa kalastusta puhtaammille vesialueille. Välittömiä talou-
dellisia vahinkoja aiheutuu, kun esimerkiksi vesialueen omista-
jan kalastusluvista saamat tulot vähenevät ja vesialueen arvo
alenee. Kalastajille taas välittömiä taloudellisia vahinkoja
aiheutuu mm. siitä, että eräät aikaisemmin käytetyt pyydykset
tulevat tarpeettomiksi, kun niillä kalastetut kalakannat vähene-
vät tai häviävät. Kalastaja voi myös joutua vaihtamaan asuin-
paikkaansa voidakseen jatkaa kalastusammattin harjoittamista tai
vaihtoehtoisesti kokonaan vaihtamaan ammattia. Tällöin ei ole
kysymys enää yksinomaan taloudellisista vaan myöskin yhteiskun-
nallisista vaikutuksista.

MENETELMÄT HAITALLISTEN AINEIDEN JA JÄTEVESIEN VAIKUTUSTEN TUTKIMISEKSI

Yleistä

Vahingonarviossa käytettävät menetelmät ovat eri vahinkoryhmis-
sä hyvin erilaisia. Biologisten vaikutusten arviointi edellyt-
tää mm. yleislimnologisia sekä vesi- ja kalabiologisia (ml. fy-
siologiset) tutkimuksia sekä kentällä että laboratoriossa. Ter-
veydellisten vaarojen arviointi edellyttää edustavien kalanäyt-
teiden asianmukaista kemiallista analysointia ja tulosten ver-
taamista kansallisten viranomaisten sekä alan kansainvälisten
järjestöjen antamiin määräyksiin ja suosituksiin. Esteettisten
haittojen arviointi edellyttää asianmukaisia aistinvaraisia tut-
kimuksia ja niistä tehtäviä johtopäätöksiä. Kalastuksellisten
vaikutusten selvittämiseen taas tarvitaan mm. kenttätutkimuksia,
haastatteluja ja tiedusteluja, joilla selvitetään kalastusta,
saaliita, pyydysten likaantumista jne. Sama koskee välittömien
taloudellisten vahinkojen sekä yhteiskunnallisten vaikutusten
selvittämistä. (TUUNAINEN 1978).

Arvioitaessa fysiologisten menetelmien käyttöarvoa jätevesien
aiheuttamien kalataloudellisten vahinkojen selvittämisessä sekä

harkittaessa menetelmien kehittämisen suuntaamista on otettava huomioon mm. seuraavat seikat: minkä kysymysten selvittämiseksi nykyisiä menetelmiä ei pidetä riittävinä, onko olemassa fysiologisia menetelmiä po. ongelmien selvittämiseksi sekä, missä määrin niillä on mahdollista saada oleellista uutta tietoa. Mainittuja seikkoja lähtökohtina pitäen näyttää siltä, että fysiologisen tutkimuksen alueena tulisi ensi sijassa olla kalojen kuolemiseen, lisääntymiseen ja kasvuun liittyvät kysymykset, joiden osalta selvitettäisiin haitallisia aineita, niiden pitoisuuksia sekä vaikutustapoja ottamalla huomioon myös ympäristötekijät.

Esitutkimuksen perusteella on pääteltävissä, että fysiologisilla (ml. toksikologiset ja histologiset) tutkimusmenetelmillä voidaan saada lisävalaistusta kysymyksiin, jotka koskevat jätevesien vaikutuksia kalojen kuolemiseen ja lisääntymiseen ja tästä seuraavia kalastomuutoksia ja kalojen runsausmuutoksia sekä jätevesien vaikutuksia kalojen kasvuun ja tästä seuraavia kalantuotannon muutoksia. Nykyään käytössä olevia menetelmiä herkempinä fysiologiset menetelmät tarjoavat mahdollisuuden jätevesien vaikutusalueen rajaamiseen uusin perustein. Lisäksi tiedoista lienee hyötyä hoitotoimenpiteiden, etenkin istutusten onnistumisen ennakoinnissa ja kalalajien valinnassa, joskin täten saadaan lisäperusteita myös korvauskysymysten arviointiin. Myös vahingon pääasiallisen aiheuttajan selvittämisessä fysiologisia menetelmiä voidaan käyttää hyväksi. Tästä voi olla hyötyä mm. siten, että korvaus- ja/ tai hoitovelvoitteen kiistanalaisuus vähenee. Fysiologisia menetelmiä voidaan soveltaa myös jätevesien laatuvaatimuksia määrättäessä. Lisäksi jätevesien puhdistusta kehitettäessä osataan kiinnittää huomio vahingon vähentämisen kannalta oleellisiin puhdistustoimenpiteisiin. Ihmiselle myrkyllisten aineiden kertymisen ja erittymisen selvittämisestä kaloissa saattaa niinikään olla hyötyä jätevesien puhdistustoimenpiteiden kehittämässä sekä toisaalta hoitotoimenpiteiden suunnittelussa, mm. istutettavien kalalajien valinnassa. Fysiologisten tutkimusten alueeseen ovat luettavissa myös menetelmät, joilla selvitetään jätevesien kaloja karkottavia tai houkuttavia vaikutuksia.

Jätevesien haitallisia vaikutuksia kalojen fysiologiaan tutkittaessa voivat kohteena olla tunnetuissa ja/tai säädellyissä oloissa (laboratoriokokeet) sekä purkualueella altistettut ja purkualueelta pyydytyt kalat. Erilaisten aineiden ja jätevesien vaikutuksia kaloihin on perusteltua tutkia laboratoriokokeina, koska silloin voidaan erottaa ympäristötekijöiden vaikutukset myrkkyyvaikutuksista. Näissä kokeissa voidaan myös säädellä ympäristötekijöiden vaikutuksia, jolloin kyetään selvittämään niiden ja jätevesien yhteisvaikutuksia. Tästä syystä laboratorio-oloissa tehtyjen tutkimusten tulokset ovat kenttäkokeita luotettavammin tulkittavissa. Laboratoriokokeilla voidaan tutkia myös aineiden tai jätevesien vaikutuksia erikseen ja yhdessä haitallisen jäteveden tai haitallisten jätevesikomponenttien osoittamiseksi. Näitä tietoja tarvitaan pilaajan osoittamisessa tai tarvittavien puhdistustoimenpiteiden suunnittelussa sekä selvitettäessä kalastomuutosten (esim. kalakantojen häviäminen) syitä ja syitä jätevesien vaikutusalueella altistuneissa tai altistetuissa kaloissa havaittaviin elintoimintojen häiriöihin ja kudostuutoksiin. Lisäksi saadaan tietoja kalavesien hoidon suunnitteluun, kuten istutettavien kalalajien ja istutusalueen valintaan. Jätevettä vastaanotavassa vesistössä altistettuja kaloja tutkimalla voidaan selvittää haitta-alueen laajuutta ja arvioida vaikuttava jätesipitoisuus, kun havaintoja verrataan laboratoriokokeissa saattuihin tuloksiin.

Tappavien pitoisuuksien tutkiminen

Kokeilla, joissa mitataan kalojen kuolemiseen kuluva aika, tutkitaan jonkin aineen tai jäteveden tappavaa myrkyllisyyttä (1b, 1c, 2g, 3). Tällöin määritetään joko vain kalojen keskimääräinen elinaika yhdessä pitoisuudessa (MST-arvo) tai usean pitoisuuden avulla aineen tai jäteveden LC50-arvo. Letaalitestejä tarvitaan esimerkiksi määriteltäessä jätevedelle vaadittava laimennus poistamaan akuutisti tappavaa myrkyllisyyttä, sekä määriteltäessä pitoisuuksia subletaalien vaikutusten tutkimiseksi. Letaalitestejä tarvitaan myös tuotevalvonnassa selvitettäessä jonkin valmisteen myrkyllisyyttä kaloille. Letaalitesteillä voidaan myös helposti selvittää eri aineiden yh-

teisvaikutuksia. Toksisuusyksikköjen avulla voidaan arvioida jätevesien myrkyllisyyttä, jos niiden komponenttien LC50-arvot tunnetaan ja niiden pitoisuus jätevedessä kyetään määrittämään (1b).

Eri kalalajien ja samankin lajin eri kokoisten ja ikäisten yksilöiden välillä on eroja herkkyydessä myrkkyjen vaikutuksille. Kalataloudellisten haittojen ja vahinkojen määrittämiseen pyrkivät letaalitestit pitäisikin tehdä vesistön taloudellisesti tärkeillä kalalajeilla ja lisäksi käyttäen kalojen herkimpiä kehitysvaiheita (1b). Haitallisten aineiden ja jätevesien tappavaa vaikutusta tulee selvittää myös pitkäaikaisissa kokeissa.

Subletaalien pitoisuuksien tutkiminen

Pelkästään letaalitesteillä ei kyetä määrittämään kaloille turvallisia myrkky- tai jätevesipitoisuuksia. Siksi tarvitaan myös pitkäaikaisia kokeita, joissa tutkitaan paitsi kuolemista, myös vaikutuksia lisääntymiseen ja kasvuun sekä muihin elintoimintoihin.

Elämänsykliertotesteillä mitataan myrkyn tai jäteveden kaloille suurin sallittavissa oleva pitoisuus (MATC-arvo) sen perusteella, kuinka pienissä pitoisuuksissa tutkittava aine vielä vaikuttaa kalojen eloonjäämiseen, lisääntymiseen tai kasvuun (1b, 1c). Elämänsykliertotesti kestää yleensä yli yhden lisääntymisjakson, jolloin tutkitaan eri pitoisuuksissa altistettuja aikuisia kaloja, niistä saatavaa mätää sekä mädistä kuoriutuneita poikasia. Elämänsykliertotesti voidaan tehdä myös lyhennettynä käyttäen kalojen herkimpiä kehitysvaiheita (alkio-pikkupoikanen). Alkionkehityksen häiriintyminen tai kuoriutuneiden poikasten kuolevuus voivat kuitenkin aiheutua myös jätevesien emokalojen elintoimintoihin aiheuttamista häiriöistä. Luonnossa jätevesien vaikutuksille altistuneiden kalojen lisääntymiskykyä voidaan tutkia mm. hautamalla niistä saatua mätää sekä ottamalla kaloista erilaisia, esimerkiksi histologisia näytteitä.

Elämänkiertotestien aikana tai muissa altistuksissa voidaan tutkia myrkkujen tai jätevesien aiheuttamia muutoksia aikuisten kalojen ja kalanpoikasten elintoiminnoissa sekä histologisia vaurioita kudoksissa, jolloin saadaan tietoja myös vaikutustavoista. Jotkut jätevesien aiheuttamat elintoimintojen muutokset saattavat ilmentää vain kalan sopeutumista uusiin oloihin. Kuitenkin jätevesien kalataloudellisista vaikutuksista voidaan päätellä lähinnä sellaisista elimistön muutoksista, jotka liittyvät kalojen elinikään, lisääntymiseen tai kasvuun. Elintoimintojen muutoksia tutkittaessa käytettyjä menetelmiä ilmenee raporteista n:ot 1b, 1c, 2a, 2b, 2d, 2e, 2f, 2h ja 3. Esitutkimuksen aikana tarkistettut määrittämenetelmät on esitetty raporteissa n:ot 4a, 4b1, 4b2, 4b3, 4c1 ja 4c2. Myös käyttäytymiskokeilla voidaan tutkia myrkkujen ja jätevesien vaikutuksia (1b).

KIIITOKSET

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksesta on projektin käytössä ollut mm. seuraavat resurssit: kolme tutkijaa, toimistohenkilökuntaa maksuliikenteen hoitamiseen sekä konekirjoitusapua raporttien puhtaaksikirjoitukseen. Tutkimuslaitoksen kustannuksella on hoidettu myös raporttien ja kirjallisuuden kopiointia. Yliopiston eläintieteen laitos on luovuttanut projektin käyttöön laboratoriotiloja. Lisäksi monet kummankin laitoksen henkilökuntaan kuuluvat ovat avustaneet projektin eri tehtävien hoitamisessa.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen johtajana on esitutkimuksen aikana ollut prof. Veikko Sjöblom ja Helsingin yliopiston eläintieteen laitoksen fysiologian osaston esimiehenä vs. prof. Rolf Kristoffersson vuoden 1977 loppuun ja sen jälkeen prof. Henrik Wallgren.

Esitutkimusohjelman mukaiset raportit

1a. -

- 1b. Vesistöihin joutuvien aineiden haitallisista vaikutuksista kaloihin ja vaikutusten tutkimusmenetelmistä. - 80 s.,
Pekka J. Vuorinen, Marja Vuorinen ja Keijo Nyholm.

YHTEENVETO

Ulkomailla, esim. Englannissa, Kanadassa ja Yhdysvalloissa, tehdään ja julkaistaan paljon tutkimuksia jätevesien ja erilaisten aineiden sekä muiden ympäristötekijöiden vaikutuksista kaloihin. Tuloksista ei kuitenkaan aina voi suoraan päätellä vaikutuksia Suomen vesistöissä vesien laatuerojen vuoksi, sillä Suomen vesistöjen vedet ovat yleensä erittäin pehmeitä ja sisältävät runsaasti humusta. Lisäksi samankin alan tehtaiden jätevedet voivat erota paljonkin toisistaan, mikä johtuu prosessieroista, erilaisista kemikaaleista sekä jätevesien puhdistuksen eroista.

Suomessa metsäteollisuuden vesistöihin laskema jätevesimäärä on yli puolet kaikista teollisuuden jätevesistä. Asutus- ja teollisuusjätevesien mukana vesistöihin joutuu huomattavia määriä, paitsi vesiä rehevöittäviä ravinteita ja happea kuluttavaa orgaanista ainesta, myrkyllisiä aineita, joiden määristä ei ole tarkkoja tietoja. Tosin Itämeren suojeluspimuksessa mainituista aineista saadaan tiedot käyttömääristä ja häviöistä, mutta nämäkin tiedot ovat puutteellisia.

Jätevesien ja myrkkujen haitallisuutta kaloille on selvitetty letaali- ja elämänkiertotestein sekä tutkimalla elintointojen muutoksia, kudosaaurioita ja kalojen käyttäytymistä. Yksittäisten aineiden LC50-arvoista laskettujen toksisuusyksikköjen avulla on arvioitu koostumukseltaan tunnettujen jätevesien akuutisti tappavaa myrkyllisyyttä kaloille.

Jätevesien tai niiden sisältämien myrkkyjen vaikutuksia tutkittaessa on ensimmäiseksi selvitettävä letaalitestein niiden tappavat pitoisuudet, ja kokeet olisi tehtävä siinä tai samanlaisessa vedessä, johon jätevedet lasketaan, koska veden laatu vaikuttaa koetuloksiin. Esim. veden vähähappisuus lisää aineiden myrkyllisyyttä, ja pH vaikuttaa joidenkin aineiden ionisoitumiseen ja siten myrkyllisyyteen. Tappava pitoisuus tulisi määrittää kynnys-LC50-arvona, koska se kuvaa pitkäaikaisempaa vaikutusta - tilanne vesistöissä, johon jatkuvasti päästetään jätevesiä - kuin esim. 96 tunnin koe. Lyhytaikainenkin letaalitesti - 96 tuntia tai lyhytaikaisempikin - kuvanee riittävästi satunnaispäästöjen tappavaa myrkyllisyyttä. Letaalitesteillä saadaan kuitenkin selville vain kaloja tappavat pitoisuudet, eikä pelkästään niiden perusteella voi luotettavasti päätellä kaloille turvallisia pitoisuuksia. Lyhytaikaisten letaalitestien lisäksi tarvitaankin pitkäaikaisia kokeita, joissa tutkitaan jätevesien ja myrkkyjen vaikutuksia paitsi hengissä pysymiseen, myös kasvuun ja lisääntymiseen sekä muihin elintointoihin.

Elämänkiertotesteillä kyetään arvioimaan kaloille ja kalastolle turvallisia jätevesien tai myrkkyjen pitoisuuksia, koska niissä määritetään MATC-arvo eli pitoisuus, jossa kalojen tuotto-ominaisuudet: kuolevuus, kasvu ja lisääntyminen eivät muutu. Elämänkiertotestin aikana tulee seurata lisäksi kalojen terveydentilaa ja elimistön muutoksia, jolloin saadaan tietoa myös vaikutustavasta. Elämänkiertotesti voidaan usein tehdä lyhennettynä käyttäen alkio-pikkupoikasvaiheita. Käyttäytymiskokeilla selvitetään jätevesien kaloja mahdollisesti karkottavia tai houkuttavia vaikutuksia.

Jätevesien ja myrkkyjen vaikutuksia kuolevuuteen, kasvuun ja lisääntymiseen sekä muihin elintointoihin toksikologisilla ja fysiologisilla menetelmillä tutkimalla voitaneen selvittää syitä havaittuihin kalastomuutoksiin. Laboratorio-kokeilla selvitetään luonnossa todettuja muutoksia esim. tutkimalla jätevesien tai jätevesikomponenttien vaikutuksia. Niillä voidaan erottaa ympäristötekijöiden vaikutukset myrk-

kyvaikutuksista. Kalastomuutoksia tutkittaessa tarvitaan myös kenttäkokeita ja -havaintoja.

Tutkittavaksi pitäisi valita vesistön taloudellisesti tärkeitä kalalajeja, koska eri kalalajien herkkyys myrkyille vaihtelee. Tappavat pitoisuudet lienee tarkoituksenmukaisinta määrittää kalojen herkimmille kehitysvaiheille.

10. Metsäteollisuuden jätevesistä ja jätevesikomponenteista sekä niiden vaikutuksista kaloihin. - 96 s., Aimo Oikari, Antti Soivio, Marja Vuorinen, Pekka J. Vuorinen ja Keijo Nyholm.

YHTEENVETO

Lähinnä pohjoisamerikkalaisissa tutkimuksissa on kemiallisesti tunnistettu monia metsäteollisuuden jätevesien yhdisteitä, jotka voivat esiintyä jätevesissä kaloja tappavina pitoisuuksina. Lisäksi on löydetty monia sellaisia yhdisteitä, joiden pitoisuudet jätevesissä eivät ole tappavia, mutta jotka voivat osaltaan aiheuttaa puhdistettujen tai laimennettujen jätevesien subletaalivaikutuksia.

Eri jätevesien ja niiden sisältämien aineiden mahdollisia subletaalivaikutuksia kaloihin on tutkittu melko paljon, muttei kovin monipuolisesti. Eri töissä on käytetty eri lajeja, eri mittausmenetelmiä, eri muuttujia ja erilaisia ympäristötekijöitä samankin elintoiminnan mahdollisten muutosten selvittämiseen. Tämä suuresti vaikeuttaa kokonaiskuvan hahmotamista jätevesien fysiologisista vaikutuksista.

Tässä kirjoituksessa on metsäteollisuuden jätevesien ja niiden sisältämien aineiden vaikutukset ryhmitelty lyhyt- ja pitkäaikaisten testien antamiin tuloksiin. Satunnaispäästöjen keston, myrkkujen pysyvyyden ja laimenemisen sekä kalan subletaalien stressi-ilmentymien keston perusteella ovat pitkäaikaiset l. krooniset vaikutukset noin viikkoa pitempänä testiaikana kehittyviä tai ilmeneviä muutoksia kalan fysiologiassa tilassa tai kemiallisessa koostumuksessa. Äkillisiä l.

akuutteja vaikutuksia ovat tätä lyhyempänä jaksona kehittyvät muutokset.

Koska monet käytetyistä muuttujista ovat koehäiriöille herkkiä, tulisi näiden vaikutukset huomioida. Vakioisuus etenkin veden lämpötilan ja vuodenaikaisvaihtelun suhteen olisi edullista, tai näiden tekijöiden vaikutukset tulisi tuntea asianmukaisen vertailun varmistamiseksi.

Kirjallisuudesta ilmeni, että

- Metsäteollisuuden jätevesien biologis-kemiallisella puhdistuksella ei aina voida vähentää jäteveden myrkyllisyyttä niin pieneksi, ettei subletaalivaikutuksia kaloihin ilmenisi. Siksi vesistöissä vallitsevat myrkkypitoisuudet voivat aiheuttaa paikallista haittaa kalastolle subletaalivaikutustensa vuoksi.
- Suomalaisten tehtaiden erilaisista jätevesistä on lyhytaikaisten myrkyllisyystestien tuloksia liian vähän, että vertailu ulkomaisiin tutkimuksiin olisi mahdollista.
- Useista jätevesikomponenteista ei tiedetä akuuttia tappavaa pitoisuutta (96h LC50-arvo).
- Jätevesistä ei voida osoittaa mitään tiettyä ainetta tai aineiden yhdistelmää, josta akuutti tai krooninen subletaalivaikutus johtuu.
- Tarvitaan lisätietoja myrkyllisten jätevesikomponenttien subletaaleista pitkäaikaisvaikutuksista.
- Monissa subletaalitestissä on todettu muutoksia mm. kalan kasvussa, lisääntymisessä, veren kuvassa sekä energia-, hengitys- ja vierasaineenvaihdunnassa.
- Pohjoisamerikkalaisten massa- ja paperitehtaiden jätevesistä suoritettujen letaali- ja subletaalitestien vertailun perusteella on esitetty (WALDEN ja HOWARD 1977) ohjeelliseksi kaloja myrkkyyvaikutuksilta suojaavaksi jätevesipitoisuudeksi 5 - 10 % 96 tunnin LC50-arvosta.

- 2a. Metsäteollisuuden pilaaman Vätianjärven veden vaikutuksista järvitaimenen ja kirjolohen fysiologiaan. - 16 s., Aimo Oikari, Antti Soivio, Keijo Nyholm, Heikki Tuurala ja Altti Lukola.

TIIVISTELMÄ

Mahdollisten saastealtistuksen aiheuttamien fysiologisten vaikutusten selvittämiseksi altistettiin laitoskasvatettuja järvitaimenia ja kirjolohia kesällä 1975 1 - 4 viikon ajan vedessä, joka otettiin metsäteollisuuden jätevesien pilaa-
masta Vätianjärvestä. Kummankin lajin kuolleisuus oli suurempi heinäkuun kuin elokuun koeryhmissä, ja järvitaimenen kuolleisuus oli suurempi kuin kirjolohen. Etenkin kolmen ja neljän viikon kokeissa koekalat painoivat vähemmän kuin vertailukalat. Ulkoisesti normaalikuntoisen näköisistä kaloista analysoitiin noin 20 veren ja plasman suuretta, joista monissa havaittiin tilastollisesti merkitseviä muutoksia.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Yhden viikon (näytteenotto 4. - 6.7.) altistuksissa todettiin tilastollisesti merkitseviä eroja järvitaimenen Hb- (-28 %), MCHC- (-11 %), Lakt- (+34 %), Kok.prot- (-38 %), FFA- (-47 %), Na^+ - (-3 %) ja Ca^{2+} - (-13 %) pitoisuuksissa sekä AlkP- (-58 %) aktiivisuudessa, mutta vain kirjolohen MCHC- (+5 %), Gluk- (-40 %) ja Na^+ - (-4 %) pitoisuuksissa.

Kolmen viikon altistuksen seurauksena (näytteenotto 18.7.) olivat järvitaimenen MCHC- (-13 %), K^+ - (-31%), LDH- (-56 %), AlkP- (-48 %) ja HapP- (-32 %) arvot ja kirjolohen Gluk- (-27 %), LDH- (-63 %), βGU - (-93 %) ja ChE- (-31 %) arvot muuttuneet tilastollisesti merkitsevästi.

Neljän viikon altistuksen seurauksena (näytteenotto 26. - 27.8.) olivat järvitaimenen Gluk- (-39 %), Lakt- (+74 %), Kok. prot- (-16 %) ja G6P-DH- (+63 %) arvot ja kirjolohen Hb- (-18 %), Kok.prot.- (-35 %), LDH- (-34 %), AlkP- (-57 %), HapP- (-33 %) ja G6P-DH- (+80 %) arvot muuttuneet tilastollisesti merkitsevästi.

Koe- ja vertailuryhmien väliset erot olivat elokuussa usein eri suureissa kuin heinäkuussa. On oletettavissa, että Vätianjärven veden laatu oli erilainen eri koejaksoina - mahdollisesti kuvastaen Äänekoskella toimeenpantujen vesiensuojelutoimien vaikutusta. Kuitenkin molempina jaksoina havaittiin eroavuuksia melko monessa mitatuista suureista, mikä viittaa Vätianjärven veden rasittavan tai muuttavan sille altistuneiden lohikalojen elintoimintoja, ja täten todennäköisesti heikentävän niiden selviytymismahdollisuuksia.

Tutkituista kahdesta lajista näyttää järvitaimen sopivammalta koekalaksi mikäli halutaan selvittää vain kuolleisuutta, mutta altistuksen tulisi kestää ainakin kaksi viikkoa negatiivisen tuloksen varmentamiseksi.

Käytetyt kevytrakenteiset kenttäkoetilat osoittautuivat käyttökelpoisiksi pitkäaikaisten altistusten suorittamiseen. Ne puoltavat paikkaansa esim. vesistöissä suoritettavien sumpustusten vaihtoehtona, sillä mm. koekalojen säännöllinen ruokinta on helppo toteuttaa ja koeveden happipitoisuutta voidaan jossain määrin säädellä sekä päivittäistä lämpötilavaihtelua pienentää.

- 2b. Hartsihappojen sekä metsäteollisuuden jätevesien pilaaman veden vaikutuksista kalojen detoksikaatioaineenvaihduntaan.
- 16 s., Maija Castrén ja Aimo Oikari.

TIIVISTELMÄ

Kirjolohen, järvitaimenen ja hauen kudoksista määritettiin eräitä detoksikaatioreaktioihin liittyvien entsyymien aktiivisuuksia, maksasta UDP-glukuronosyyli transferaasi ja β -glukuronidaasi ja munuaisesta β -glukuronidaasi. Koska hartsihapot ovat metsäteollisuuden jätevesissä yleisiä ja kaloille myrkyllisiä, altistettiin järvitaimenia abietiinihapolle (Sigma A-0125). Lisäksi kaloja altistettiin metsäteollisuuden jätevesien pilaaman järven vedessä.

Hartsihappoaltistus alensi UDP-glukuronosyylitransferaasi-aktiivisuutta tilastollisesti merkitsevästi, mutta metsäteollisuuden pilaama järvivesi ei aiheuttanut eroja entsyymiaktiivisuudessa.

Hartsihappo kohotti usein β -glukuronidaasiaktiivisuutta, samoin kuin metsäteollisuuden pilaama jätevesikin.

2c. -

- 2d. Metsäteollisuuden pilaaman Vätänjärven veden histokemiallisista vaikutuksista kalojen kidusten, maksan ja munuaisten entsyymeihin. - 38 s., Leena Blomstedt, Antti Soivio ja Aimo Oikari.

TIIVISTELMÄ

Tässä työssä tutkittiin luukalan (hauki, järvitaimen, kirjo-lohi) kidusten, maksan ja munuaisten eräisiin histokemiallisiin entsyymiosoituksiin sopivia esikäsittely- ja osoitusmenetelmiä. Samalla pyrittiin kartoittamaan entsyymien esiintymispaikat ja -voimakkuudet, sekä metsäteollisuuden jätevesien näissä mahdollisesti aiheuttamat muutokset saastuneeseen järviveteen altistetuissa yksilöissä.

Histokemiallisessa työskentelyssä tuoreleiketekniikka sopii parhaiten kalan kidusten, maksan ja munuaisten β -GA:n, SHD:n sekä NADH-D:n ja NADPH-D:n osoittamiseen. Kalsiumformaliini-kestävyinti ja arabikumi-sakkaroosisäilytys on paras β -GU:n osoittamiseen. Myös hauen maksan AFos:n osoittamiseen tämä on sopivin esikäsittelymenetelmä. Muilla lajeilla paraffiinitekniikka on paras esikäsittelymenetelmä AFos:n osoittamiseen.

Käytetyillä menetelmillä β -GU:n, SDH:n ja NADH-D:n aktiivisuus vaihteli tutkituissa kudoksissa kohtalaisesta voimakkaaseen ja NADPH-D:n aktiivisuus oli yleensä kohtalainen. β -GA:n ja AFos:n aktiivisuudet vaihelimat heikosta kohtalaiseen. Hauen sekundaarifilamenteissa ei havaittu AFos-aktiivisuutta.

Saastealtistuksen seurauksena todettiin entsyymiaktiivisuuksissa muutoksia joko paikassa, voimakkuudessa tai molemmissa. Tarkasteltaessa elinten kokonaisaktiivisuuksia voitiin todeta, että β -GU:n ja β -GA:n aktiivisuus pysyi osittain samana, osittain lisääntyi altistuksessa elimen ja lajin mukaan. NADH-D:n ja AFos:n aktiivisuus väheni jossain tapauksissa, mutta yleensä aktiivisuus ei muuttunut. NADPH-D:n aktiivisuus näytti pysyvän yleensä samana altistuksesta huolimatta, mutta kiduksessa sen aktiivisuus kuitenkin lisääntyi. SDH:n aktiivisuus oli enimmäkseen muuttumaton, mutta jossain tapauksissa se altistuksen aikana kuitenkin väheni, muutamissa taas lisääntyi.

- 2e. Lyhytaikaisen kokeellisen hypoksian aiheuttamista muutoksista kirjolohien fysiologisissa suureissa ja kidusten toiminnassa. - 14 s., Antti Soivio, Keijo Nyholm, Mikko Nikinmaa ja Kai Westman.

TIIVISTELMÄ

Tässä työssä on tutkittu vähähappisuusvasteita normaalien ja anemisoitujen kirjolohien veressä sekä vähähappisuuteen altistettujen kirjolohien kidusten toimintaa. Aneemisten kirjolohien veren hematokriittiarvo suureni suhteessa enemmän, veren laktaattipitoisuus suureni enemmän, mutta vastaava pH-muutos oli pienempi kuin normaalissa kirjolohessa. Normaalien kirjolohien plasman K^+ -pitoisuus pieneni ja aneemisen suureni hypoksian aikana. Molempien ryhmien verestä poistui vettä hypoksian aikana. Aneemisen kalan veren P_{CO_2} pieneni hypoksiassa. Kidustoimintakokeessa käytetty 50 % hypoksia-altistus ei saanut aikaan normaaleja "stressivasteita". Kiduksissa kirjolohien verestä poistui nestettä sekä normaaleissa että hypoksisissa oloissa.

25. Kalojen kudosuutosten morfometria vesiympäristön haittojen arviointimenetelmänä. - 19 s., Antti Soivio ja Heikki Tuurala.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Morfometriset menetelmät saattavat osoittautua erittäin käyttökelpoisiksi, kun arvioidaan ympäristön muutosten vaikutuksia kaloihin. Menetelmät lienevät riittävän herkkiä uutta tietoa antavaan määrällisten muutosten osoittamiseen. Lisäksi morfometrinen tulosten kvantitatiivinen luonne mahdollistaa histologisten muutosten tilastollisen analysoinnin.

Herkkänä rakenteena kalan kidus reagoi tapahtuviin ympäristön muutoksiin, koska se on jatkuvassa kiinteässä yhteydessä ympäröivään veteen. Kiduksen rakenteiden morfometrinen tutkimus antaa tietoa siinä tapahtuvista muutoksista eri ympäristöolosuhteissa. Erityisesti kannattaa kiinnittää huomiota kiduksissa tapahtuviin verenkierron muutoksiin ja sekundaarilamellien epiteelin tilaan. Nykyisen tietämyksen perusteella valomikroskooppinen morfometria saattaa tässä suhteessa olla erittäin tuloksellista.

Erityisen suuria toiveita voidaan asettaa luonnonpopulaatioiden tutkimiseen. Morfometrisiin mittauksiin tarvittavien kidusnäytteiden otto on verraten yksinkertaista. Koska epiteeliin kohdistuvia näytteenotollisia virheitä syntyy vasta kiduksen jouduttua kuiville, voidaan esim. onkimalla tai katis-kalla pyydettyjen kalojen kiduksia morfometroida kun arvioidaan vesiympäristön haittavaikutuksia.

Eri ympäristötekijöiden maksassa aiheuttamia rakenteellisia muutoksia voitaneen tutkia menestyksellisesti myös morfometrisin menetelmin sekä valo- että elektronimikroskooppisesti. Valomikroskooppisissa tutkimuksissa tulee kyseeseen lähinnä maksasolujen koon mittaaminen ja maksan sidekudoksen määrän arviointi. EM-tasolla voidaan mitata mm. sileän ja karkean endoplasmakalvoston määräsuhteiden muutoksia, lysosomien ja

mitokondrioiden määriä ja kokoa sekä rakenteeltaan poikkeavien mitokondrioiden määrää.

Munuaismuutosten tutkiminen edellyttää tarkkaa tutkittavan lajin munuaisten rakenteen tuntemusta. Valomikroskooppisesti voitaneen mitata munuaisputkien eri osien solujen kokoa. EM-tasolla voidaan mitata mm. solunsisäisten rakkuloiden määrää ja kokoa, solukalvostojen pinta-alatiheyksiä, mitokondrioiden kokoa ja lysosomien määrää.

- 2g. Fennosan F 50-limantorjunta-aineen akuutisti tappava myrkyllisyys taimenelle ja kirjolohelle. - 13 s., Pekka J. Vuorinen.

TIIVISTELMÄ

Tässä työssä on tutkittu Fennosan F 50:n (limantorjunta-aine) akuutisti tappavaa myrkyllisyyttä taimenelle ja kirjolohelle. Fennosanin tehoaine on bromiyhdiste. Lisäksi valmiste sisältää liuottimia ja dispergointiaineita (Kemira Oy). Kokeet tehtiin läpivirtausperiaatteella ja järjestettiin niin, että tehoaine ei ehtinyt merkittävästi hydrolysoitua altistuksen aikana. Kuitenkin pienten pitoisuuksien aika-kuolleisuuskäyrät koostuvat useammasta suorasta, mistä pääteltiin, että tehoaineen lisäksi myös valmisteen liuottimet ja dispergointiaineet saattavat olla myrkyllisiä kaloille tai Fennosanin myrkyllisellä komponentilla on erilaisia vaikutusmekanismeja. Kynnys-LC50-pitoisuudeksi saatiin < 0,11 mg Fennosan F 50/l kummallekin lajille sekä 24 tunnin LC50-arvoksi kirjolohelle 0,14 ja taimenelle 0,12 mg Fennosan F 50/l.

- 2h. Fennosan F-50-limantorjunta-aineen subletaaleista vaikutuksista järvitaimeneen. - 17 s., Marja Vuorinen ja Pekka J. Vuorinen.

TIIVISTELMÄ

Massa-, kartonki- ja paperiteollisuuden käyttämän limantorjunta-aineen, Fennosan F 50:n, subletaaleja vaikutuksia järvitaimeneen (Salmo trutta m. lacustris L.) tutkittiin 32 vuorokautta kestäneen altistuksen aikana sekä 17 vuorokauden kuluttua altistuksen lopettamisesta verestä ja plasmas- ta mitattujen suureiden avulla. Fennosan-altistus rasitti taimenia ja aiheutti muutoksia niiden fysiologiaan. Jo toisena altistusvuorokautena olivat veren hematokriittiarvo sekä hemoglobiinipitoisuus ja plasman koliiniesteraasiaktiivisuus lisääntyneet merkitsevästi. Veren laktaattipitoisuus oli myös tällöin suurempi ja glukoosipitoisuus pienempi kuin vertailuryhmässä, mutta erot eivät olleet merkitseviä. Altistuksen loppupuoliskolla todettiin seuraavat erot vertailukaloihin nähden: veren hematokriittiarvo ja hemoglobiinipitoisuus olivat suuremmat ja MCHC pienempi, plasman aspartaattiaminotransferaasi- ja koliiniesteraasiaktiivisuus olivat lisääntyneet, samoin laktaattidehydrogenaasiaktiivisuus, mutta ei merkitsevästi, plasman kokonaisproteiinipitoisuus sekä veren glukoosi- ja laktaattipitoisuus olivat suuremmat. Lisäksi koeryhmän veren glukoosi- ja laktaattipitoisuus vaihtelivat enemmän kuin vertailuryhmässä. Vielä 17 vuorokauden kuluttua altistuksen lopettamisesta koekalojen jotkut arvot erosivat vertailukalojen arvoista, mutta tilastollisesti merkitsevä ero oli vain koliiniesteraasiaktiivisuudessa.

3. Suomessa käytetyistä fysiologisista kalatesteistä. - 15 s., Antti Soivio, Keijo Nyholm, Pekka J. Vuorinen, Aimo Oikari, ja Marja Vuorinen.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Kaikilla Suomessa käytetyillä tutkimustyypeillä voidaan saada tietoja jätevesien kaloille aiheuttamista haitoista. LC50-testejä, jäämätutkimuksia ja haudontatestejä käytetään yleisesti ulkomaillakin haitallisten aineiden kalataloudellisia vaikutuksia arvioitaessa. Haitallisten aineiden fysiologisia vaikutuksia koskevien tutkimusten puutteena on usein se, ettei niissä ole samalla mitattu vaikutuksia kalan tuotto-ominaisuuksiin. Niillä on kuitenkin merkitystä altistumista osoittavia oireita etsittäessä ja vaikutusmekanismeja selvitettäessä. Ekosysteemimallitutkimuksilla voidaan selvittää myös jätevesien välillisiä vaikutuksia kalaan, mutta mm. vaativat koejärjestelyt vaikeuttavat niiden käyttöä.

- 4a. Kalojen aspartaatti- ja alaniiniaminotransferaasin käyttämisestä ympäristömyrkkytutkimuksissa sekä määrittämismenetelmien tarkistaminen kirjolohella ja järvitaimenella. - 49 s., Pekka J. Vuorinen, Marja Vuorinen, Keijo Nyholm, Aimo Oikari, Antti Soivio ja Tarja Nakari.

TIIVISTELMÄ

Kirjallisuudesta selvitettiin aspartaatti- ja alaniiniaminotransferaasin (ASAT ja ALAT) aktiivisuuksien muutoksia altistettaessa kaloja erilaisille aineille ja jätevesille. Samoin selvitettiin eri eläinlajien, erityisesti kalojen, ASAT:n ja ALAT:n ominaisuuksia sekä määrittämismenetelmiä. Kirjolohen ja taimenen kudoksista tehtäviä entsyymiaktiivisuusmäärittäyksiä varten tarkistettiin spektrofotometrisiä määrittämismenetelmiä pH:n, puskurin molaarisuuden, substrattipitoisuuksien, NADH-pitoisuuden ja lämpötilaoptimin suhteen. Lisäksi tutkittiin näiden entsyymien säilyvyyttä sekä aktiivisuutta eri kudoksissa.

Asparagiinihappo- ja alaniinipitoisuusoptimiksi saatiin kaksinkertaiset pitoisuudet ja NADH-optimiksi 44 % pienempi pitoisuus verrattuna aikaisemmin käytettyyn menetelmään. Entsyyminäytteitä voidaan säilyttää homogenaattina neljä tuntia jääkaapissa, ainakin viikko pakastimessa ja kudokskappaleena nestetypessä kauemmin.

Kirjolohen ja taimenen ASAT-aktiivisuudet eri kudoksissa poikkesivat toisistaan. Kirjolohen kudoksissa sitä oli seuraavasti: sydänlihas > valkea lihas > munuainen > maksa > plasma ja taimenen: sydänlihas > maksa > munuainen > valkea lihas > plasma. ALAT-aktiivisuuksien suuruusjärjestys oli sama kirjolohen ja taimenen kudoksissa: munuainen > maksa > sydänlihas > valkea lihas > plasma. Sekä kirjolohen että taimenen eri kudoksissa ASAT- ja ALAT-aktiivisuuden suhde vaihteli.

Liitteinä on esitetty ASAT- ja ALAT-aktiivisuuden määrittämissuhteet, jotka on laadittu tehtyjen tarkistusten perusteella.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Kirjallisuuden perusteella kalojen plasman ja kudosten ASAT- ja ALAT-aktiivisuudet muuttuvat useiden erilaisten myrkköjen vaikutuksesta, eikä vaikutus aktiivisuuteen näytä olevan millekään aineelle spesifinen. Eräissä pitkäaikaisissa raskasmetallialtistuksissa plasman ASAT-aktiivisuus oli ainoa verestä mitattu suure, jossa oli merkitsevä ero vertailuryhmään nähden.

Paitsi erilaiset myrkyt, ASAT- ja ALAT-aktiivisuuteen vaikuttavat myös ravinnon proteiinipitoisuus ja paasto. Kalojen käsittelyn on havaittu lisäävän ainakin maksan ALAT-aktiivisuutta. Näiden tekijöiden vaikutus koetuloksiin voidaan eliminoida tekemällä kokeet vakioituissa oloissa ja ottamalla vertailukaloista näytteet aina samanaikaisesti kuin koekaloista.

Saman lajin yksilöiden välillä ei ollut eroja saaduissa ASAT- tai ALAT-aktiivisuuden määrittämissuhteissa; sen sijaan kokonaisaktiivisuuksissa oli suuriakin yksilöiden välisiä eroja.

Taimenten ASAT- ja ALAT-aktiivisuus oli yleensä suurempi kuin kirjolohen.

Myös taimenen ja kirjolohen ASAT- ja ALAT-aktiivisuuden määritysoptimit näyttävät olevan hyvin samanlaiset; ainoa merkittävä ero oli ALAT:n lämpötilaoptimissa. Kliinisen kemian käytössä olevissa testipakkauksissa (esim. Boehringer Mannheim GmbH, Diagnostica) asparagiinihapon ja alaniinin pitoisuudet ovat puolet tässä työssä saaduista ja NADH-pitoisuus 1,8-kertainen.

Kudosvaurioiden tutkimiseen voitaisiin käyttää myös plasman ASAT- ja ALAT-aktiivisuuksien suhdetta, sillä eri kudoksissa on ASAT:a ja ALAT:a eri suhteissa.

- 4bl. Isoentsyymien erottelumenetelmien soveltaminen kirjolohen ja järvitaimenen kudosten tutkimiseen. - 18 s., Keijo Nyholm, Marja Vuorinen, Pekka J. Vuorinen, Päivi Rindell ja Ulla Oksanen.

TIIVISTELMÄ

Työssä on selvitetty aspartaattiaminotransferaasin, esteraasien ja laktaattidehydrogenaasin isoentsyymien analysointia tarkoituksena osoittaa ja paikantaa kudosten toimintahäiriötä ja vaurioita kirjolohessa ja järvitaimenessa. Isoelektrinen fokuointi polyakryyliamidigeelissä osoittautui hyväksi erottelukykynsä, toistettavuutensa ja isoentsyymien identifiointin kannalta. Alustavien tulosten perusteella ovat kudoksien isoentsyymimallit erilaisia. Kudosvaurioiden toteaminen isoentsyymejä analysoimalla on ilmeisesti mahdollista. Kaikkien kolmen entsyymiryhmän tutkimiseksi esitetään menetelmä.

JOHTOPÄÄTÖKSET

ASAT:n, esteraasien ja LDH:n isoentsyymit saattavat soveltua kudosspesifisyytensä vuoksi ainakin sellaisten kudosvaurioi-

den osoittamiseen ja paikantamiseen, joissa vapautuu entsyymejä plasmaan. Tällöin isoentsyymit tulee plasman lisäksi analysoida myös ainakin niistä kudoksista, joiden epäillään vaurioituneen.

- 4b2. Kalojen koliiniesteraasien käyttämisestä ympäristömyrkkytutkimuksissa sekä määritysmenetelmien tarkistaminen kirjolohella. - 46 s., Aimo Oikari, Pekka J. Vuorinen, Marja Vuorinen, Antti Soivio, Keijo Nyholm ja Maija Castrén.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Kirjallisuuden perusteella näyttää ilmeiseltä, että kalojen aivojen asetyylikoliiniesteraasiaktiivisuus pienenee, jos vedessä on karbamaattipestisidejä tai orgaanisia fosforipitoisia pestisidejä pitoisuutena 0,1-1,0 mg/l, mutta mahdollisesti tätä pienemmissäkin pitoisuuksissa. Myös muut aineet vedessä voivat muuttaa koliiniesteraasien aktiivisuutta.

Tehtyjen menetelmätarkistusten jälkeen voidaan kirjolohella oletettavasti myös muiden kalojen - ChE-aktiivisuutta analysoida seuraavasti:

- HESTRININ menetelmällä aivo- ja lihasnäytteistä sekä ilmeisesti myös muista kudoksenäytteistä (ei kuitenkaan plasmaasta) liitteenä 1 olevan ohjeen mukaan. Sen erot tarkistettuun AUGUSTINSSONIN (1957) esittämään menetelmään ovat:

	AUGUSTINSSON 1957	Liite 1
Puskuri	Na-K-fosfaatti 0,15 mol/l	Na-barbitaali 0,05 mol/l
pH	7,2	8,6
Inkub. lämpötila °C	37	20
FeCl ₃ mmol/l	74	37

- ELLMANin menetelmällä plasma- ja aivonäytteistä (ei kuitenkaan sameuden takia ilmeisesti muista kudoksista) liitteenä 2 olevan ohjeen mukaan. Sen erot tarkistettuun WEBERin (1966) esittämään menetelmään ovat:

WEBER 1966		Liite 2
Puskuri	Tris-HCl 0,05 mol/l	aivot: Tris-HCl 0,05 mol/l plasma: K-fosfaatti 0,05 mol/l
pH	7,4	aivot: 8,6 plasma: 8,0
AChSJ mmol/l	5,0	1,2
Inkub. lämpötila °C	25	20

Aivo- ja lihaskudoksen ChE eroavat toisistaan pH- ja substraattioptimin sekä substraatin K_m :n suhteen (Hestrinin menetelmä). Hestrinin ja Ellmanin menetelmät eroavat toisistaan optimaalisen substraattipitoisuuden ja substraatin K_m :n suhteen (niillä on myös eri substraatit).

- 4b3. Kalojen laktaattidehydrogenaasin käyttämisestä ympäristömyrkytutkimuksissa sekä määrittämismenetelmän tarkistaminen kirjoitlohella. - 30 s., Aimo Oikari, Björn-Erik Lönn, Keijo Nyholm, Marja Vuorinen, Antti Soivio ja Pekka J. Vuorinen.

TIIVISTELMÄ

Kliinisessä käytössä olevat laktaattidehydrogenaasin (LDH) konaisaktiivisuuden ja isoentsyymisuhteiden määritykset ovat olleet tämän työn lähtökohtina haettaessa menetelmiä, joiden avulla voitaisiin tutkia ympäristömuutosten vaikutuksia kaloihin. Selkärankaisten LDH:n yleisiä ominaisuuksia sekä kalojen LDH:n erikoisominaisuuksia on selvitelty johdantoluvussa. Kaloilla suoritettuja toksikologisia ja fysiologisia tutkimuksia on koottu soveltuvien osien. LDH:n määrittämismenetelmää kirjoitlohien kudostenäytteille on optimoitu reaktion pH:n, koentsyymipitoisuuden, substraattipitoisuuden ja entsyymipitoisuuden eli näytteen laimennuskertoimen osalta. Lisäksi on tutkittu kirjo-

lohen LDH:n ominaisuuksia lämpöinaktivaatio- ja ureainaktivaatiotesteillä sekä aktiivisuuden säilyvyyttä eri lämpötiloissa ja kudospreparaateissa.

Valkea lihaskudos (M) ja sydänlihas (H) ovat olleet LDH:n isoentsyymien äärityyppinä kehitettäessä nopeaa menetelmää kuvaamaan näytteen suhteellista isoentsyymipitoisuutta. Esitetävän H/M -suhteen määrittäminen perustuu kahteen aktiivisuusmäärittämiseen eri substraattipitoisuuksilla. Lämpöinaktivaatio-ominaisuudet olivat kirjolohella samankaltaisia kuin yleensä selkärangaisilla. Sen sijaan ureainaktivaatio-ominaisuudet poikkesivat yleisestä selkärangaismallista. Lisäksi on esitetty yleisiä ohjeita kalojen LDH-näytteiden säilyttämisestä.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Kirjallisuuden perusteella voidaan olettaa, että LDH voi soveltua eri tyyppisten ympäristötekijöiden vaikutusten tutkimiseen. Kirjallisuudessa esitetyt erilaiset havainnot samantyyppistenkin myrkkujen (esim. raskasmetallit) vaikutuksista voi osaksi johtua epätarkoista LDH:n määrittämenetelmistä sekä käytettyjen menetelmien keskinäisistä eroista. Esitetyt menetelmät (liitteet 1 ja 2) on optimoitu vain kirjolohelle. Liitteessä 1 esitetyt määrittäsolosuhteet eroavat saksalaisista suosituksista (Z.Klin.Chem.Klin.Biochem. 10, 1972), jonka perusteella esim. Biochemica Boehringer GmbH:n testipakkaus on laadittu, seuraavasti:

	Saksalainen suositus	Liite 1 kirjolohi
pH	7,5	7,0
Pyruvaattipit. mmol/l	0,6	1,2
NADH-pitoisuus mmol/l	0,18	0,10

Pyruvaattipitoisuuden muuttamiseen perustuvalla H/M -suhteen määrittämenetelmällä (liite 2) voidaan olettaa saatavan tietoa plasma- ja kudospäytteen isoentsyymisuhteista ja viitteitä mahdollisista kudospesifisistä vaurioista. Kirjolohen kudospäytteen ovat hyvin säilytettävissä myöhemminkin suoritettavia LDH-aktiivisuusmäärittäksiä varten.

- 4cl. Kalojen glukoosi- glykokeeni- ja laktaattimäärityksistä ympäristömyrkkytutkimuksissa sekä määrittämenetelmien tarkistaminen kirjolohella. - 22 s., Antti Soivio, Keijo Nyholm, Pekka J. Vuorinen, Marja Vuorinen ja Hannele Oksa.

TIIVISTELMÄ

Monien tekijöiden on aikaisemmissa tutkimuksissa todettu vaikuttavan kalojen hiilihydraattiaineenvaihduntaan, mm. veren glukoosi- sekä kudosten laktaatti- ja glykokeenipitoisuuksiin. Tässä työssä tarkistettiin veren glukoosin sekä valkean lihaksen laktaatin ja glykokeenin määrittämenetelmiä kirjolohta koekalana käytettäessä. Veren glukoosin määrittämenetelmien vertailu osoitti sekä GOD-Perid- että heksokinaasimenetelmän käyttökelpoisiksi. GOD-Perid-menetelmällä määrittäminen on yksinkertaisempi ja halvempi, mutta sillä saadaan ilmeisesti hieman liian suuria tuloksia. Selvitettäessä glykokeeni- ja laktaattipitoisuuksien muuttumista lihasnäytteissä kalasta irrottamisen jälkeen todettiin, että glykokeenipitoisuus ei muuttunut 11 minuutin kuluessa, mutta laktaattipitoisuus kasvoi nopeasti heti irrottamishetkestä alkaen. Laktaatti- ja glykokeeninäytteet säilyivät paitsi nestemäisessä työssä myös tavallisessa pakastimessa ainakin 4-6 viikkoa. Tarkistettujen veren glukoosin (liitteet 1. ja 2.), kudosten glykokeenin (liite 3.) ja laktaatin (liite 4.) määrittäsohjeet on esitetty liitteinä.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Tiedot ympäristömyrkkyjen ja jätevesien aiheuttamista häiriöistä kalojen hiilihydraattiaineenvaihdunnassa ovat hajanaisia ja jopa ristiriitaisia. Myrkyt ja jätevedet ovat aiheuttaneet muutoksia kalojen veren glukoosi- ja kudosten laktaatti- sekä glykokeenipitoisuudessa, mutta nämä voivat muuttua myös monien muiden tekijöiden vaikutuksesta kuten esim. koeteknisten virheiden takia.

Veren glukoosi voidaan määrittää sekä GOD-Perid- että heksokinaasimenetelmällä. GOD-Perid-menetelmä on helpompi ja

halvempi, mutta sillä saadaan ilmeisesti hieman liian suuria tuloksia.

Glykogeenipitoisuus ei muutu valkeasta lihaksesta otetussa näytteessä ainakaan 11 minuutissa näytteenottohetkestä lukien, mutta laktaattipitoisuus alkaa kasvaa heti lihaksen irroittamisen jälkeen, joten näytteenotto laktaattimääritystä varten pitää tarkasti vakioda. Glykogeeni- ja laktaattinäytteitä voidaan säilyttää nestemäisessä työssä ja tavallisessa pakastimessa ainakin 4-6 viikkoa.

Lepoarvojen saamiseksi koekaloja on pidettävä esim. putkisumpussa 1-2 vuorokautta ennen näytteenottoa.

- 4c2. Laktaattidehydrogenaasin histokemiallisen osoitusmenetelmän tarkistaminen kirjolohella. - 8 s., Aimo Oikari, Marja Vuorinen, Pekka J. Vuorinen, Antti Soivio, Keijo Nyholm ja Merja Penttilä.

TIIVISTELMÄ

Nisäkäskudosten laktaattidehydrogenaasin (LDH) histokemialliseen osoittamiseen käytettyä MEIJERin (1973) menetelmää tarkistettiin kirjolohen lihas- ja munuaiskudosten tutkimiseen sopivammaksi. Menetelmässä käytetään puoliläpäisevää kalvoa kudოსleikkeen ja inkubointigeelin välissä estämään entsyymidiffuusiota. Paras värjäytymistulos saatiin, kun osoitusreagenssien pitoisuudet muutettiin kaksinkertaisiksi alkuperäisohjeeseen nähden ja puskurin pH esitetystä 7,4:stä 8 - 9:ään. Sopivaksi inkubointiajaksi todettiin 30 - 60 min ja inkubointilämpötilaksi 37 °C.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Suoritettujen tarkistusten perusteella voidaan alkuperäisohjetta muuttaa seuraavasti:

	oma tulos	MEIJER (1973)
Osoitusreagenssien pitoisuus	2 x	1 x
Inkubointiaika	0.5 - 1 h	0.75 h
Inkubointi-T °C	37 (30-35?)	37
Puskurin pH	8 - 9	7.4

Esitettyä LDH-analytiikkaa ei toistaiseksi ole sovellettu kalatoksikologiaan. Tekniikka on tyypillinen erikoistekniikka, joka vaatii histokemiallista työskentelyä jo aikaisemmin jonkin verran harjoittaneeltakin henkilöltä ehkä 2-4 päivän opettelu. Tämän jälkeen sarjatyöskentelyssä vie yksi kudospnäyte aikaa 1-2 h. Biokemiallista analytiikkaa täydentävänä tekniikkana LDH-histokemiaa voidaan käyttää sellaisten elinten ja kudosten tutkimiseen, joissa on joko rakenteellisesti tai toiminnallisesti erilaisia alueita. Näitä ovat esim. erittävä munuainen, maksa, ruuansulatuskanavan eri osat ja lihakset, joissa on sekä valkeaa että punaista lihaskudosta. Menetelmää voidaan käyttää myös alkuioiden ja pikkupoikasten kudosten LDH:n osoittamiseen, koska näytteiden kerääminen niistä biokemiallisia määrityksiä varten on vaikeaa.

5. Fysiologisten menetelmien soveltaminen kalataloudellisten vahinkojen ja haittojen määrittämiseen. Esitutkimuksen loppuraportti. - 32 s., Pekka J. Vuorinen, Marja Vuorinen, Keijo Nyholm, Antti Soivio ja Aimo Oikari.

FYSIOLOGISTEN TUTKIMUSMENETELMIEN SOVELTAMINEN KALATALOUEDELLISTEN HAITTOJEN JA VAHINKOJEN MÄÄRITTÄMISEEN

PROJEKTIN SISÄLLÖN MÄÄRITTELY

Tausta

Nykyisin käytettävillä menetelmillä (esim. koekalastukset, kirjanpitokalastajat, kalastustiedustelut tai yleislimnologiset tutkimukset) ei aina saada riittävästi tietoja jätevesien aiheuttamien kalataloudellisten haittojen ja vahinkojen määrittämiseen. Tämän johdosta käynnistettiin esitutkimus selvittämään lähinnä kirjallisuuden pohjalta fysiologisten tutkimusmenetelmien soveltamismahdollisuuksia lisätietojen hankkimiseksi. Esitutkimuksen tuloksena laadittiin tämä suunnitelma.

Projektin tavoitteet ja tehtävät

Projektin tavoitteena on saada käyttöön fysiologisia (ml. toksikologiset ja histologiset) tutkimusmenetelmiä, joiden avulla voidaan selvittää lähinnä kalakanta- ja kalastomuutosten syitä, osoittaa vahingon pääasiallinen aiheuttaja tai selvittää eri pilaajien osuutta, ennakoida istutusten onnistumista lievästi pilaantuneille alueille sekä selvittää haitta-alueen laajuutta. Menetelmistä tulisi olla oleellista apua nykyisille menetelmille ja lisäksi niiden tulisi olla mahdollisimman yksinkertaisia ja halpoja.

Tavoitteiden saavuttamiseksi projektissa toteutetaan seuraavat tehtävät:

- Selvitetään jätevesien ja niiden komponenttien tappavia pitoisuuksia. Kokeiden (LC50-kokeet) perusteella kyetään arvioimaan esiintyykö vesistössä akuutisti tappavia myrkkyyvaikutuksia, sekä esim. selvittämään eri pilaajien osuutta.
- Tutkitaan jätevesien ja niiden haitallisimpien komponenttien vaikutuksia kalojen kuolemiseen, lisääntymiseen ja kasvuun

elämänkiertotesteillä. Kokeiden (MATC-arvojen määrittäminen) perusteella kyetään arvioimaan mm. jätevesien aiheuttamia lisääntymis- ja alkioiden kehittymishäiriöitä sekä kuoriutuvien poikasten selviytymismahdollisuuksia vesistössä.

- Tutkitaan tunnetuissa ja/tai säädellyissä oloissa (laboratoriokokeet) jätevesille subletaaleissa ja luonnossa esiintyvissä pitoisuuksissa altistetuissa kaloissa ilmeneviä oireita, joiden vakavuuden ja kalataloudellisen merkityksen selvittämiseksi tarkkaillaan samalla mahdollisia vaikutuksia kuolemiseen, lisääntymiskykyyn ja kasvuun. Tietoja tarvitaan mm. luonnossa jätevesille altistuneiden ja altistettujen kalojen tutkimisessa, vaikutustapojen selvittämiseksi sekä istutusten onnistumista ennakoitaessa.
- Tutkitaan jätevesiä vastaanottavassa vesistössä altistettujen kalojen kuolemista, lisääntymiskykyä ja kasvua sekä muita elintoimintoja. Näiden kokeiden avulla kyetään selvittämään mm. haitta-alueen laajuutta.
- Tutkitaan jätevesille altistuneita luonnon kaloja. Niitä tutkimalla selvitetään mm. lisääntymiskykyä sekä syitä mahdollisiin kasvumuutoksiin.

Tehtävien rajaaminen

Tutkimuksen pääasiallisena kohteena ovat metsäteollisuuden jätevedet ja jätevesikomponentit sekä niiden pilaama vesialue, mutta tarpeen mukaan myös muut jätevedet. Projektissa ei tutkita hajua- tai makuhaittoja eikä selvitetä ihmiselle tunnetusti vaarallisten kaloihin kertyvien myrkkyjen pitoisuuksia. Aineiden kertymistä ja erittymistä selvitetään, mikäli se on tutkimusten kannalta tarpeellista. Projektissa tutkitaan myös eri ympäristötekijöiden (esim. lämpötila, happipitoisuus) vaikutusta aineiden ja jätevesien myrkyllisyyteen. Projektissa voidaan tutkia myös jätevesien kaloja karkottavia (houkuttavia) vaikutuksia.

PROJEKTIN TULOKSEN MÄÄRITTELY

Tulosten soveltaminen

Projektista saatavia tuloksia voidaan käyttää jätevesien aiheuttamien kalataloudellisten haittojen ja vahinkojen selvittämiseen sekä lievästi pilaantuneiden kalavesien hoidon järjestämiseen. Projektin tuloksena saatavia menetelmiä voitaneen käyttää myös jätevesien monitorointiin. Tuloksista voidaan saada myös tietoja jätevesien puhdistusprosessien järjestämistä varten.

PROJEKTIN TEHTÄVIEN MÄÄRITTELY

Tehtävät

Projektin tehtävät/työt vastuuhenkilöineen, aikatauluineen ja henkilötarpeineen kuvataan kalenterivuodeksi kerrallaan laadittavissa tutkimusohjelmissa. Niistä ilmenee lisäksi tarvittavat tila- ja laiteresurssit sekä koekalat ja joidenkin pitkäaikaisten kokeiden mahdollisesti seuraavalle vuodelle jakautuvat työt ja kustannukset

Aikataulu ja kustannukset

Projekti on arviolta 5 - 6-vuotinen. Ensimmäisenä ja toisena vuotena selvitetään LC50- ja MATC-kokeilla esimerkiksi valitun likaa-
jan (tai likaaajien) jätevesien myrkyllisyyttä. Toisena vuotena jatketaan laboratorioaltistuksia ja kolmantena tai neljäntenä vuotena aloitetaan vesistöaltistukset sekä jatketaan laboratorioaltistuksia. Vesistö- ja laboratorioaltistuksia jatketaan viidentenä ja mahdollisesti kuudentena vuotena. Tutkimuksen kannalta olisi edullista valita sellainen kohde, jossa kalataloudellisia haittoja ja vahinkoja on selvitetty, selvitetään tai tullaan selvittämään myös muilla menetelmillä.

Projektin kustannukset koostuvat palkoista, matkakorvauksista, kemikaali- ym. kulutusmenoista sekä laitehankinnoista. Tarkat kustannusarviot laaditaan kalenterivuodeksi kerrallaan.

PROJEKTIN ORGANISAATIO

Projektissa on johtoryhmä, joka valvoo projektin edistymistä ja kustannusarvion toteutumista.

Projektin tutkimussuunnitelman ja -ohjelmien laatimisesta vastaa projektijohtaja apunaan projektin työryhmä. Projektijohtajan tehtävät ovat:

- laatia projektin tutkimusohjelmat ja kustannusarviot
- johtaa projektin toimeenpanoa ja vastata sen aikataulusta sekä kustannuksista
- käyttää varoja ja hyväksyä syntyneet kustannukset vahvistetun kustannusarvion mukaisesti
- huolehtia projektin tehtävien antamisesta ja valvoa niiden täyttämistä
- informoida projektin johtoryhmää ja muita asianosaisia projektin edistymisestä
- tehdä tarvittavat projektisuunnitelman muutokset ja esitellä ne hyväksyttäväksi
- vastata projektin tulosten ja hallinnollisen aineiston dokumentoinnista
- huolehtia yhteydenpidosta muihin tämän projektin aiheita sivuaviin projekteihin.
- laatia projektin loppuraportti.

Töiden suorittamista varten palkataan aputyövoimaa tarpeen mukaan.

**RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS,
KALANTUTKIMUSOSASTO**

MONISTETTUA JULKAISUJA

- No 3. VIHERVUORI, A. (toim.): Valtion kalanviljelyn III neuvottelupäivät 8.—9.5.1979 Laukaan Pitkäniemessä. Helsinki 1981. 90 s.
- No 4. HEIKINHEIMO-SCHMID, O.: Siian ravinnosta luonnontilaisessa ja säännöstellyssä järvessä. Helsinki 1982. 64 s.
- No 5. SEPPOVAARA, O.: Harjuksen (*Thymallus thymallus* L.) levinneisyys, biologia, kalastus ja hoitotoimet Suomessa. Helsinki 1982. 88 s.
- No 6. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1982. Helsinki 1982. 146 s.
- No 7. AUVINEN, H., TOIVONEN, J., HEIKKINEN, T. ja MANNINEN, K.: Kalastus Vuoksen vesistön eteläosissa vuonna 1979. Helsinki 1983. 16 s.
- No 8. NIEMELÄ, E. ja HYNINEN, P. R.: Utsjoen tunturivesien kalakantojen hoitosuunnitelma. Helsinki 1983. 114 s.
- No 9. BÖHLING, P., LEHTONEN, H. ja VIITANEN, M.: Saaristomeren pohjoisosan kalatalouden nykytila. 1—85.
LEHTONEN, H., BÖHLING, P. ja HILDÉN, M.: Saaristomeren pohjoisosan kalavarat. 86—140. Helsinki 1983.
- No 10. SALOJÄRVI, K., HEIKINHEIMO-SCHMID, O. ja JUTILA, E.: Hyrynsalmen reitin kala- ja rapukannoille aiheutuneet vahingot ja niiden kompensointi. Helsinki 1983. 96 s.
- No 11. SALOJÄRVI, K., HEIKINHEIMO-SCHMID, O. ja VIHERVUORI, A.: Sotkamonsalmen reitin kala- ja rapukannoille aiheutuneet vahingot ja niiden kompensointi. Helsinki 1983. 99 s.
- No 12. WESTMAN, K., TUUNAINEN, P., JURVELIUS, J. and PURSIAINEN, M.: Country Report of Finland for the Intersessional Period 1978—1980. 1—25.
JURVELIUS, J., PURSIAINEN, M., WESTMAN, K. and TUUNAINEN, P.: Country Report of Finland for the Intersessional Period 1980—1982. 26—52. Helsinki 1983.
- No 13. Saaristomeren pohjoisosan kalatalouden kehittämissuunnitelma. Helsinki 1983. 48 s.
- No 14. VIHERVUORI, A. (toim.): Valtion kalanviljelyn IV neuvottelupäivät 9.—10.4.1980 Lammin biologisella asemalla. Helsinki 1983. 70 s.
- No 15. TOIVONEN, J., IKONEN, E., LINDSTRÖM, A., ALAPASSI, T. ja KOKKO, U.: Järvitaimenen merkittyjen poikasten istutukset Suomessa vuosina 1959—1969. Helsinki 1983. 226 s.
- No 16. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1983. Helsinki 1983. 143 s.
- No 17. VIHERVUORI, A. (toim.): Valtion kalanviljelyn V neuvottelupäivät 2.—3.4.1981 Laukaan Pitkäniemessä. Helsinki 1984. 67 s.
- No 18. KOLJONEN, M—L.: Ihmisen toiminnan vaikutus lohien perinnölliseen rakenteeseen. Helsinki 1984. 39 s.
- No 19. KEINÄNEN, A.: Konneveden kalasto ja kalastus vuosina 1969—1970. Helsinki 1984. 55 s.
- No 20. PRUUKI, V.: Peledsiian (*Coregonus peled* (Gmelin)) ja planktonsiian (*Coregonus muksun* (Pallas)) kantojen arviointi ja istutusten kannattavuus kahdessa eteläsuomalaisessa pienjärvessä. Helsinki 1984. 55 s.
- No 21. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1984. Helsinki 1984. 150 s.
- No 22. NIEMELÄ, E. ja NIEMELÄ, M.: Ulkopaikkakuntalaisten virkistyskalastus Tenojoen kalastusalueella Suomen puolella vuosina 1981 ja 1982. Helsinki 1984. 70 s.

SISÄLTÖ

VUORINEN, P.J., VUORINEN, M., NYHOLM, K., SOIVIO, A. ja OIKARI, A.: Fysiologisten menetelmien soveltaminen kalataloudellisten vahinkojen ja haittojen määrittämiseen	1—34
VUORINEN, P.J., VUORINEN, M. ja NYHOLM, K.: Vesistöihin joutuvien aineiden haitallisista vaikutuksista kaloihin ja vaikutusten tutkimusmenetelmistä	35—118
OIKARI, A., SOIVIO, A., VUORINEN, M., VUORINEN, P.J. ja NYHOLM, K.: Metsäteollisuuden jätevesistä ja jätevesikomponenteista sekä niiden vaikutuksista kaloihin	119—192
VUORINEN, P.J.: Rautaruukki Oy:n Rautavaaran kaivoksen jätevesien vaikutuksesta taimenen alkionkehitykseen ja poikasiin	193—206